

**Міністерство освіти і науки України**

**Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут водного господарства та  
природооблаштування**

**Кафедра гідроенергетики, теплоенергетики та  
гідравлічних машин**



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**“Затверджую”**

Проректор з науково-педагогічної,  
методичної та виховної роботи  
\_\_\_\_\_ О.А. Лагоднюк

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**01-06-68**

**Робоча програма навчальної дисципліни**

Program of the Discipline

**„Теплотехнологічні процеси і установки”**

**спеціальність 144 „Теплоенергетика”  
specialty 144 „Heat Power Engineering”**

**Рівне-2019**

Робоча програма навчальної дисципліни „Теплотехнологічні процеси і установки” для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика», першого (бакалаврського) рівня підготовки.- Рівне: НУВГП, 2019. – 13 с.

**Розробник:** В.В. Куба, старший викладач кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.



Робочу програму схвалено на засідання кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Протокол № 7 від 12 лютого 2019 року.

Завідувач кафедри ГЕ, ТЕ та ГМ \_\_\_\_\_ О. А. Рябенко

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 144 „Теплоенергетика”.



Протокол № 7 від 27 березня 2019 року.

Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ О. П. Костюк

© В.В.Куба,  
© НУВГП, 2019

## ВСТУП

Програма нормативної навчальної дисципліни «Теплотехнологічні процеси і установки» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 144 «Теплоенергетика».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок при проектуванні та розрахунках теплових технологічних процесів і установок, які використовуються на промислових підприємствах для отримання кінцевого продукту.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна «Теплотехнологічні процеси і установки» є складовою частиною фундаментальної підготовки інженерів за спеціальністю «Теплоенергетика», а її вивчення передбачає наявність систематичних і ґрунтовних знань з дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Технічна термодинаміка», «Гідрогазодинаміка», «Тепломасообмін» та закладає основи для вивчення дисциплін «Високотемпературні процеси та установки», «Теплопостачання промислових підприємств».

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

## Анотація

Програма розрахована на студентів, які навчаються за спеціальністю 144 «Теплоенергетика». Програма передбачає комплексне вивчення будови, принципу роботи, проектування та розрахунків теплових технологічних процесів і установок, які використовуються на промислових підприємствах для отримання кінцевого продукту.

У курсі «Теплотехнологічні процеси і установки» розглянуті процеси передачі теплоти в теплообмінних апаратах, при випарюванні розчинів, в холодильних установках, при сушінні, перегонці та ректифікації.

Ключові слова: теплообмінник, випарювання, холодильна установка, сушіння, перегонка, ректифікація.

## Abstract

The program is designed for students studying in the specialty 144 "Thermal Power Engineering". The program provides a comprehensive study of the structure, the principle of work, design and calculation of thermal process processes and installations used by industrial enterprises to obtain the final product.

In the course "Heat Technology Processes and Installations" processes of heat transfer in heat-exchange units, during evaporation of solutions, in refrigeration units, during drying, distillation and rectification are considered.

Key words: heat exchanger, evaporation, refrigeration, drying, distillation, rectification.

Пр  
індивідуал  
-

- для денної форми навчання – 37 % до 63 %
- для заочної форми навчання – 10 % до 90 %

- вибір типових теплотехнологічних схем виробництва цільового продукту або розробка такої схеми згідно з технічним завданням;
- розробка проекту теплотехнологічної установки з використанням типового обладнання;
- організація експлуатації, технічного обслуговування, ремонту, налагодження теплотехнологічного устаткування;

- вибір або розробка заходів, що забезпечують функціонування устаткування з найвищою ефективністю і перешкоджають забрудненню навколишнього середовища;

- складання проектно-конструкторської документації.

**Завдання** дисципліни – забезпечити необхідний рівень знань теплотехнологічних процесів, що застосовуються на підприємствах при виробництві кінцевого продукту.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен :

- **знати** основні властивості теплоносіїв, холодильних та сушильних агентів, вимоги до них, теоретичну основу і фізичну сутність низькотемпературних теплотехнологічних процесів, основні схеми і конструкції установок, методи теплового, конструкторського, аеро- і гідродинамічного розрахунків та проектування теплотехнологічних установок, методи раціонального використання теплоти, палива, електроенергії і вторинних енергоресурсів при здійсненні теплотехнологічних процесів;

- **вміти** виконувати розрахунки теплотехнологічних процесів, апаратів, установок, підбирати за довідковими даними основне і допоміжне обладнання, оцінювати теплотехнологічні процеси, апарати і установки з точки зору їх енергетичної ефективності і розробляти рекомендації для її покращення, організувати і провести дослідження процесу, враховуючи вимоги охорони праці і техніки безпеки, виконати обробку результатів і їх аналіз, запропонувати висновки.

### **3.Програма навчальної дисципліни**

#### **6-й семестр. Модуль 1**

#### **Змістовий модуль 1.**

#### ***Теплообмінні апарати***

##### **Тема 1. Основні види тепломасообмінних процесів**

Вступ до дисципліни. Основні види промислових тепломасообмінних процесів і установок. Теплоносії. Властивості теплоносіїв. Класифікація теплоносіїв. Низько- і середньотемпературні теплоносії.

##### **Тема 2. Теплообмінні процеси і апарати**

Рекуперативні теплообмінники. Призначення. Класифікація. Конструкції рекуперативних теплообмінних апаратів. Методи розрахунку. Особливості розрахунку апаратів з оребренням. Теплові труби та термосифони. Апарати зі змішуванням теплоносіїв. Методи розрахунку. Регенеративні теплообмінні апарати. Конструкції та особливості розрахунків.

## **Змістовий модуль 2.**

### ***Випарні установки***

#### **Тема 3. Випарні установки.**

Фізичні основи процесу випарювання. Способи задання складу розчину. Фізико-хімічна температурна депресія. Теплопередача в випарних апаратах. Схеми і конструкції випарних апаратів і установок. Класифікація випарних апаратів. Схеми багатоступеневих випарних установок (БВУ). Розрахунок БВУ. Допоміжне обладнання випарних установок: конструкція, розрахунок, вибір.

#### **7-й семестр. Модуль 2**

### **Змістовий модуль 3**

### ***Холодильні та сушильні установки***



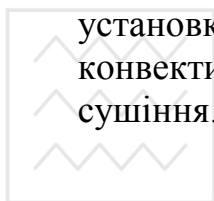
Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

#### **Тема 4. Холодильні установки.**

Термодинамічні основи одержання холоду. Класифікація холодильних установок. Компресорні холодильні установки. Основи розрахунку. Абсорбційні холодильні установки. Методика розрахунку основних показників. Пароежекторні холодильні установки. Аналіз процесів в T-s координатах. Трансформатори теплоти. Теплові насоси.

#### **Тема 5. Процеси видалення вологи з матеріалів.**

Способи видалення вологи з матеріалів. Вологий матеріал як об'єкт сушіння. Зв'язок вологи з матеріалом. Характеристика сушильних агентів та вимоги до них. Матеріальний та тепловий баланси конвективної сушильної установки. Аналітичний і графоаналітичний методи розрахунку статички конвективного сушіння. Кінематика процесу сушіння. Періоди процесу сушіння. Основні поняття технології сушіння. Класифікація способів сушіння.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

#### **Змістовий модуль 4**

### ***Ректифікаційні установки***

#### **Тема 6. Конструкції сушильних установок**

Класифікація сушильних установок. Типи, конструкції і основні технічні характеристики сушарок.

#### **Тема 7. Установки дистиляції та ректифікації**

Дистиляційні установки. Принципові схеми ректифікаційних установок. Аналіз процесу ректифікації в  $t$ - $x$ ,  $y$  та  $x$ - $y$  діаграмах. Типи і конструкції ректифікаційних колон. Методика розрахунку числа тарілок в колоні. Матеріальний і тепловий баланси процесу ректифікації.

#### 4. Структура навчальної дисципліни.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Лекції	Практичні заняття	Індив. робота	Самостійна робота	Усього
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1 (6 семестр)</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Теплообмінні апарати.</b>					
<b>Тема 1.</b> Основні види тепло-масообмінних процесів.	2/0	0/0	0/0	8/10	10/10
<b>Тема 2.</b> Теплообмінні процеси і апарати.	12/1	16/8	0/0	42/61	70/70
<b>Разом – зм. модуль 1</b>	<b>14/1</b>	<b>16/8</b>	<b>0/0</b>	<b>50/71</b>	<b>80/80</b>
<b>Змістовий модуль 2. Випарні установки.</b>					
<b>Тема 3.</b> Випарні установки.	8/1	6/4	0/0	24/35	40/40
<b>Разом – зм. модуль 2</b>	<b>8/1</b>	<b>6/4</b>	<b>0/0</b>	<b>26/35</b>	<b>40/40</b>
<b>Усього годин (залік)</b>	<b>22/2</b>	<b>22/12</b>	<b>0/0</b>	<b>76/106</b>	<b>120</b>
<b>Модуль 2 (7 семестр)</b>					
<b>Змістовий модуль 3. Холодильні та сушильні установки.</b>					
<b>Тема 4.</b> Холодильні установки.	6/0	4/2	0/0	10/18	20/20
<b>Тема 5.</b> Процеси видалення вологи з матеріалів.	10/1	14/6	0/0	16/33	40/40
<b>Разом – зм. модуль 3</b>	<b>16/1</b>	<b>18/8</b>	<b>0/0</b>	<b>26/51</b>	<b>60</b>
<b>Змістовий модуль 4. Ректифікаційні установки.</b>					
<b>Тема 6.</b> Конструкції сушильних установок.	2/0	0/0	0/0	6/8	8/8
<b>Тема 7.</b> Установки дистиляції та ректифікації.	10/1	10/4	0/0	26/41	46/46
<b>Разом – зм. модуль 4</b>	<b>12/1</b>	<b>10/4</b>	<b>0/0</b>	<b>32/49</b>	<b>54</b>
<b>Усього годин (іспит)</b>	<b>28/2</b>	<b>28/12</b>	<b>0/0</b>	<b>58/100</b>	<b>114</b>
<b>Модуль 3 (7 семестр)</b>					
Курсовий проект (фаховий)	-	-	36/36	-	36/36
<b>Усього годин</b>	<b>50/4</b>	<b>50/24</b>	<b>36</b>	<b>134/206</b>	<b>270</b>

**Примітка:** чисельник – денна форма навчання, знаменник – заочна форма навчання.

## 5. Теми практичних занять

6 –й семестр

№ з/п	Теми практичних занять	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	2	3	4
1	<b>Тема 2.</b> Тепловий конструкторський розрахунок кожухотрубних теплообмінних апаратів	6	4
2	<b>Тема 2.</b> Тепловий конструкторський розрахунок пластинчастих теплообмінних апаратів	4	2
3	<b>Тема 2.</b> Тепловий конструкторський розрахунок регенеративних теплообмінних апаратів	4	2
4	<b>Тема 3.</b> Тепловий розрахунок 4-х корпусної випарної установки	6	4
	<b>Всього</b>	<b>22</b>	<b>12</b>



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

7 –й семестр

1	2	3	4
1	<b>Тема 4.</b> Тепловий розрахунок абсорбційної холодильної установки	4	2
2	<b>Тема 4.</b> Тепловий розрахунок теплонасосних установок	2	-
3	<b>Тема 5.</b> Графоаналітичний розрахунок статичної теоретичного процесу сушіння в сушильному тунелі	4	2
4	<b>Тема 5.</b> Графоаналітичний розрахунок статичної дійсного процесу сушіння в сушильному тунелі	2	1
5	<b>Тема 5.</b> Розрахунок тривалості процесу сушіння	2	1
6	<b>Тема 5.</b> Розрахунок розмірів сушильного тунелю	2	1
7	<b>Тема 5.</b> Розрахунок і вибір пилоочисних і спалювальних пристроїв сушильних установок	2	1
8	<b>Тема 7.</b> Технологічний розрахунок тарілчастої ректифікаційної колони	10	4
	<b>Всього</b>	<b>28</b>	<b>12</b>

## 6. Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

1. Підготовка до аудиторних занять (0,5 год. на 1 год. аудитор. занять) – 50 годин.
2. Підготовка до контрольних заходів ( 6 годин на 1 єврокредит) – 54 годин.
3. Підготовка питань, які не розглядаються під час аудиторних занять – 30 години.



## 6.1. Завдання для самостійної роботи

№	Тема самостійної роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
6- й семестр			
1	Рекуперативні теплообмінні апарати	2	8
2	Рекуперативні апарати періодичної дії	2	8
3	Регенеративні апарати з псевдорозрідженим шаром	4	16
4	Теплообмінні апарати з безпосереднім контактом газів і рідин	4	18
5	Технологічні схеми випарних установок	4	20
7- й семестр			
6	Багатоступеневі компресійні холодильні установки	2	8
7	Газові холодильні установки	4	20
8	Термоелектричні холодильники	2	10
9	Установки для сушіння твердих дисперсних матеріалів	4	20
10	Установки для сушіння рідких матеріалів	2	10
	Всього	30	138

## 7. Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Індивідуальне навчально-дослідне завдання передбачене навчальним планом у вигляді курсового проекту на тему: «Установка сушильна тунельна».

Мета курсового проекту – закріпити знання, набуті студентами при вивченні теоретичного курсу, вивчити методи розрахунку теплообмінних процесів, розвивати навички самостійного розв'язування конкретних практичних задач, виконання технічних розрахунків, використання технічної літератури, складання розрахунково- пояснювальної записки. Курсовий проект студентами денної форми навчання виконується в 7 семестрі, а заочної форми навчання - в 8 семестрі. Обсяг пояснювальної записки становить приблизно 35...40 сторінок формату А4. Графічна частина представлена 2 аркушами формату А1.

Порядок виконання, оформлення та захисту курсового проекту описаний у методичних вказівках (див. п.3 розділу “Методичне забезпечення дисципліни” робочої програми).

## 8. Методи навчання

На лекційних заняттях використовується мультимедійний проектор та кодоскоп, слайдова презентація, на яких зображено необхідні рисунки, написані необхідні формули, коротко приведені основні визначення. На практичних заняттях студенти здобувають навички розрахунків процесів передачі теплоти, вчаться користуватись довідковою літературою. Курсовий проект студенти виконують самостійно, під керівництвом викладача, використовуючи таблиці, номограми, калькулятори або на комп'ютері.

## 9. Методи та критерії оцінювання знань.

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань:

- поточне тестування після вивчення кожного змістового модуля;
- поточний контроль при виконанні індивідуальної роботи (курсового проекту);
- захист курсового проекту;
- підсумковий залік, підсумковий іспит.

Для контролю знань студентів використовується система зі 100 бальною шкалою оцінювання.

Підсумковий контроль знань студентів денної форми навчання проводиться в кінці 5 семестру шляхом складання іспиту, в 5 семестрі – публічним захистом курсового проекту. Студенти заочної форми навчання захищають курсовий проект і складають іспит в 8 семестрі.

## 10. Розподіл балів, що отримують студенти

### 10.1 При поточному та підсумковому тестуванні (залік у 6 семестрі)

Поточне тестування та самостійна робота			Сума
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2	
T1	T2	T3	100
12	50	38	

### 10.2. При поточному та підсумковому тестуванні (іспит у 7 семестрі)

Поточне тестування та самостійна робота				Підсумковий тест (іспит)	Сума
Змістовий модуль 3		Змістовий модуль 4			
T4	T5	T6	T7	40	100
10	26	10	14		
36		24			

### 10.3. За виконання курсової роботи

Модуль 2. Етапи виконання	Підсумковий	
---------------------------	-------------	--

Пояснювальна записка	Графічна частина	контроль(захист курсового проекту)	Сума
до 30	до 30	40	100

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсового проекту (роботи)	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
82-89	добре	
74-81		
64-73	задовільно	
60-63		
35-59	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

## 11. Методичне забезпечення дисципліни

1. Методичні рекомендації до практичних занять, контрольних і самостійних робіт із дисципліни «Теплотехнологічні процеси та установки» (Тема «Теплові конструктивні розрахунки теплообмінних апаратів») для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика»/ В.В. Серeda, В.В.Куба. – Рівне: НУВГП, 2014 р. – 24 с. <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/9575>

2. Методичні рекомендації до практичних занять і самостійної роботи із навчальної дисципліни «Теплотехнологічні процеси та установки» (Тема «Тепловий розрахунок чотирьохкорпусної випарної установки») для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»/ В.В. Серeda, В.В.Куба. – Рівне: НУВГП, 2018 р. – 33 с. <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/13371>

## 12.Рекомендована література

### Базова

1. Промышленные тепломассообменные процессы и установки. / А.М. Бакластов, В.Г. Горбенко, О.Л. Данилов и др.; Под ред. А.М. Бакластова. - М.: Энергоатомиздат, 1986.-328 с.

2. Бакластов А.М., Горбунко В.А., Удома П.Г. Проектирование, мон-таж и эксплуатация тепломассообменных установок. - М.: Энерго-издат, 1981.- 366 с.

3. Куба В.В., Серeda В.В. Теплотехнологічні процеси та установки. Розділ «Установка сушильна тунельна». Практикум. Навчальний посібник – Рівне: НУВГП, 2012 – 82 с. <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1805>

## *Допоміжна*

1. Календер'ян В. О., Бошкова І. Л. Збірник задач по тепломасообмінним апаратам. Навчальний посібник для Вузів. - Одеса: ОДАХ, 2010.- 142 с.
2. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. - М.: Энергия, 1972.- 320 с.
3. Теплотехнический справочник. Т.2 / Под ред. В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева.-М.: Энергия, 1986.- 896 с.
4. Промышленная теплотехника, - К.: ИТТФНАНУ(журнал).
5. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности.- М.: Пищевая промышленность, 1986 - 530 с.

## **13.Інформаційні ресурси**



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

1. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського/ (Електронний ресурс) **Режим доступу: [www.nbuv.gov.ua](http://www.nbuv.gov.ua)**
2. Наукова бібліотека НУВГП – м.Рівне, вул. О.Новака, 75.  
**Режим доступу: [nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka](http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka)**



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування